

(11)Publication number : 2003-153290
(43)Date of publication of application : 23.05.2003

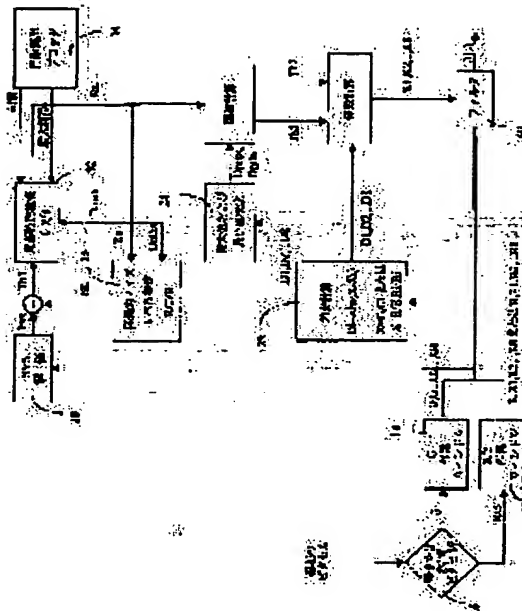
HO4N 9/07
// HO4N101:00

**(72)Inventor : BOSCO ANGELO
MANCUSO MASSIMO**

Priority number : 2001 01830562 Priority date : 31.08.2001 Priority country : EP

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for preserving picture detail and applying filter processing to noise from complicated image files.

SOLUTION: A filter is provided for a digital camera includes image sensors sensitive to light, a color filter placed over sensitive elements of the sensors and patterned according to a Bayer mosaic pattern layout, an interpolation algorithm joining together the digital information provided by differently colored adjacent pixels in the Bayer pattern. The filter (10) is adaptive and includes a noise level computation block (26) thus removing noise while simultaneously preserving picture detail.



[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAAMiaigXDA415153290P...> 2005/05/02

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-153290

(P2003-153290A)

(43) 公開日 平成15年5月23日 (2003.5.23)

(51) Int. Cl.

H04N 9/07

// H04N 101:00

識別記号

F I

H04N 9/07

101:00

データベース (参考)

A 5C065

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全13頁)

(21) 出願番号 特願2002-256394 (P2002-256394)

(22) 出願日 平成14年9月2日 (2002.9.2)

(31) 優先権主張番号 01830562.3

(32) 優先日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (E P)

(71) 出願人 591002692

エスティーマイクロエレクトロニクスエ
ス. アール. エル.

STMicroelectronics
S. r. l.

イタリア国 ミラノ 20041 アグラータ
ブリアンツァ ヴィア ツィー オリヴ
エッティ 2

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作 (外1名)

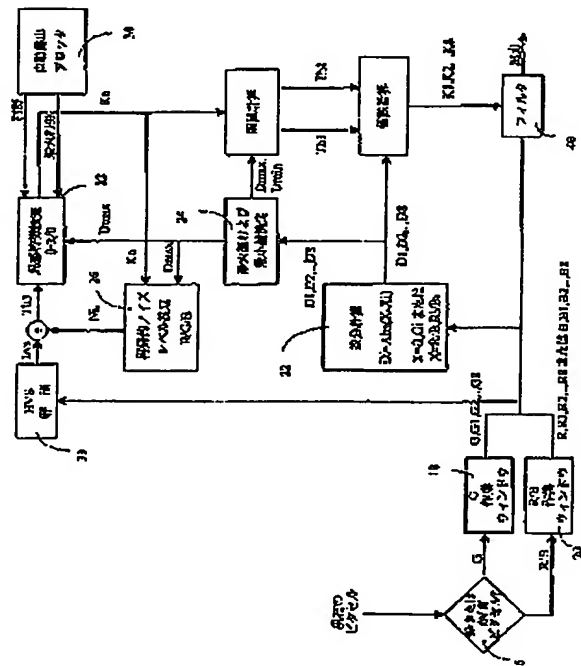
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ベイヤーパターン画像データ用ノイズフィルタ

(57) 【要約】

【課題】 画像の細部を維持すると同時に、複雑な画像
ファイルからノイズをフィルタ処理する方法を得ること。

【解決手段】 デジタルカメラは、光感受性の画像セン
サ、センサの受光部を覆い、かつベイヤーモザイクパタ
ーン配置に従ってパターン化された色フィルタ、および
前記ベイヤーパターン中の異なる色に着色された隣接ピ
クセルにより得られるデジタル情報を結合する補間アル
ゴリズムを含むデジタルカメラ用の改良された画像フィ
ルタにおいて、フィルタ (10) が適応性であり、かつ
各色チャネルの前記ベイヤーパターンデータセットを直
接操作するノイズレベル計算ブロック (26) を含み、
従って、写真の細部を維持すると同時にノイズを除去す
る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光感受性の画像センサ、センサの受光部を覆い、かつベイヤーモザイクパターン配置に従ってパターン化された色フィルタ、および前記ベイヤーパターン中の異なる色に着色された隣接ピクセルにより得られるデジタル情報を結合する補間アルゴリズムを含むデジタルカメラ用の改良された画像フィルタにおいて、前記フィルタ(10)が適応性であり、かつ各色チャネルの前記ベイヤーパターンデータセットを直接操作するノイズレベル計算ブロック(26)を含み、従って、写真の細部を維持すると同時にノイズを除去することを特徴とする、改良された画像フィルタ。

【請求項2】 少なくとも2個のフィルタマスクを用い、その一方が緑色チャネル用フィルタマスクであり、他方は赤色チャネルおよび青色チャネル用フィルタマスクである、請求項1記載の改良された画像フィルタ。

【請求項3】 赤色チャネルおよび青色チャネル用フィルタマスクは同一であるが、緑色チャネルは異なる、請求項2記載の改良された画像フィルタ。

*

$$NL_x(t-1) = K_x(t-1) \times D_{x,x}(t-1) + [1 - K_x(t-1)] \times NL_x(t-2) \quad (1)$$

$$NL_c(t-1) = K_c(t-1) \times D_{c,c}(t-1) + [1 - K_c(t-1)] \times NL_c(t-2) \quad (2)$$

$$NL_b(t-1) = K_b(t-1) \times D_{b,b}(t-1) + [1 - K_b(t-1)] \times NL_b(t-2) \quad (3)$$

式中、 NL_x は、特定のノイズチャネル x のノイズレベルであり、 K_x は、適用ノイズフィルタ(10)により実施されるフィルタ処理の強度を決めるパラメータであり、 $D_{x,x}$ は、特定のカラーチャネルに対して、最大/最小ブロック(24)において計算された最大距離値である。

【請求項7】 画像を感知して第1信号を発生するためのセンサ、前記センサに接続されており、前記第1信号からベイヤーパターンを発生するよう構成されているベイヤーパターン発生器、および前記ベイヤーパターンを異なる色チャネルに分配するよう構成されている分配器を含むデジタルカメラにおいて、該デジタルカメラが、請求項1記載の画像フィルタをさらに含むことを特徴とするデジタルカメラ。

【請求項8】 光感受性の画像センサ、センサの受光部を覆い、かつベイヤーモザイクパターン配置に従ってパターン化された色フィルタ、および前記ベイヤーパターン中の異なる色に着色された隣接ピクセルにより得られるデジタル情報を結合する補間アルゴリズムを含むデジタルカメラのノイズをフィルタ処理する方法において、該方法が、

ーベイヤーパターン形式を行毎に順次スキャンするステップ、

ー前記ベイヤーパターンデータセットの各色チャネルに対して処理ウィンドウを与えるステップであって、赤色チャネルおよび青色チャネル用処理ウィンドウは同一であるが、緑色チャネル用処理ウィンドウは異なり、かつ各処理ウィンドウは標的ピクセルと複数の隣接ピクセル

*【請求項4】 処理ウィンドウの現在のピクセル(T0)を調べ、緑色ピクセルであった場合には対応するフィルタマスクを選択する決定子ブロック(16)；前記処理ウィンドウの現在のピクセル(T0)と隣接ピクセルの絶対値差分(D1)を決定する差分計算機(22)；差分値(D1、...、D8)の一覧から最大および最小距離値を計算する最大および最小ブロック(24)；および前記処理ウィンドウに関するノイズレベル(NL)を推定するノイズレベル計算ブロック(26)を含む、請求項1記載の改良された画像フィルタ。

【請求項5】 露出と利得設定との適切な組合せを生成して、前記ノイズレベル計算ブロック(26)に送る自動露出制御システムを具える利得係数ブロック(34)をさらに含む、請求項4記載の改良された画像フィルタ。

【請求項6】 ノイズレベル計算ブロック(26)が再帰的実行を用い、かつ次式に従ってノイズレベルを調べる、請求項4記載の改良された画像フィルタ。

を有する、ステップ、

ー現在の標的ピクセル色が緑色であるか否かに応じて、フィルタマスクおよび対応する処理ウィンドウを選択するステップ、および

ー標的ピクセルをフィルタ処理し、色チャネルのノイズレベル(NL)を計算し、ノイズレベルに応じたフィルタリングパターン形式を与えるステップ、を含むことを特徴とする方法。

【請求項9】 前記スキンスキャンステップ中で既にフィルタ処理したピクセル値を用いて、現在の標的ピクセル(T0)のフィルタ処理値を計算する、請求項8記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はノイズフィルタに関するものであり、より詳細には、ベイヤーパターン画像データ用ノイズフィルタに関するものである。また、この発明は、ベイヤーパターン画像データ中のノイズをフィルタリングする方法にも関する。

【0002】

【従来の技術】デジタルカメラ(以下、「カメラ」と言う。)は、カメラにより得られた画像を表現するデータファイルを作る。一般に、カメラは、カメラ内の光/色センサから情報をCFA(カメラフィルタアレイ)形式で得る。CFAの一般的な形式としては、図1に示すような、ベイヤーモザイクパターン配置がある。ベイヤーパターンにおいては、各ピクセルは、例えば赤、緑、青といった一つの色成分のみに関する情報を有している。

典型的には、ベイヤーパターンは、1個おきの空間に緑色情報を有し、青色または赤色のいずれかのピクセルが各列の残りの空間を占める。例えば、図1に示すように、列1には、緑色ピクセルと赤色ピクセルが交互に配置されており、列2には、緑色ピクセルと青色ピクセルが交互に配置されている。最終的には、赤色、緑色および青色の点でモザイクが作られており、赤色または青色の点の2倍の緑色の点が存在する。人間の目は、赤色または青色よりも緑色のデータにより敏感に反応するので、このモザイクは画像を正確に表現することができるのである。

【0003】典型的なカメラは、感光性を有する電荷結合素子(CCD)またはCMOS画像センサを具える。これらの画像センサは、センサに当たる光の強度に対してのみ感応し、光の周波数に対しては感応しない。従って、この種の画像センサは、センサに当たる光の色の違いを検出することができない。

【0004】典型的なカメラセンサからカラー画像を得るために、センサの受光部をカラーフィルタで覆う。このフィルタには、前記のベイヤーパターンのようなパターンが施されている。従って、個々のセンサは、赤色、青色または緑色のいずれかの特定の色にのみ感応する。異なっており着色された隣接セルにより得られた情報を結合する色補間アルゴリズムを用いて、最終的なカラー写真を得る。

【0005】デジタルスチルカメラにより作られた画像、特にCMOS技術により作られた画像は、画像を捕らえる際にセンサ内に本来的に存在するノイズの影響を受ける。従って、画像センサにより作られたデータファイルを後で修正することが必要となる。多くの場合、この修正は、画像センサデータ(ベイヤーパターン)を操作するフィルタまたはアルゴリズムを用いて行われ、より現実的な画像を作る。例えば、図2に示すように、画像処理連鎖内で、ホワイトバランス、ガンマ補正等の処理をこの画像に行う。最後に、補正した画像を圧縮し、カラー画像としてメモリに保存する。

【0006】現在のデジタルカメラシステムの現在の画像処理に関する問題のひとつは、ノイズアーティファクトを画像自体の細部と区別することが困難である、という点にある。ノイズアーティファクトが画像の細部であるとみなされ、フィルタ処理が施されなかった場合、または画像の細部がアーティファクトであるとみなされ、フィルタ処理された場合には、画像劣化が発生する。

【0007】現在のフィルタ処理法は、画像データ全体を操作しており、画像を形成する個々のカラーチャネル間の区別をしないという点に、もうひとつの問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この発明により解決されるべき技術的課題は、画像の細部を維持すると同時

に、複雑な画像ファイルからノイズをフィルタ処理する方法を得ることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、前記の課題は、各カラーチャネル毎に独立した適応フィルタリングシステムをベイヤーパターンイメージに用いることによって解決される。適応フィルタにより、画像の特定の領域および現在のピクセルの色に応じて、フィルタ操作量を変更して処理を行うことが可能となる。例えば、背景の細部によりデータの不一致が生じるカラーチャネルのテクスチャ領域では、フィルタ処理を中程度とするが、異物がノイズによるものである可能性の高い、カラーチャネルの均一な領域では、フィルタ処理をより強くすることができる。

【0010】この理論に基づき、請求項1に記載した画像フィルタ、および請求項8に記載したノイズをフィルタ処理する方法によって、前記の技術的課題を解決することができる。

【0011】この発明に従う方法および装置の特徴および利点は、添付の図面を参照しつつ、非制限的に例示する。以下の好適な実施態様に関する説明から明らかである。

【0012】

【発明の実施の形態】この発明の実施態様において、ノイズ有りベイヤーパターンデータセットを直接操作して、写真の細部を維持すると同時に、適応的にノイズを除去する。フィルタ処理を行った後、ベイヤーパターンデータを他の標準画像処理連鎖工程に送り、記憶媒体上に保存する画像を生成する。

【0013】計算ステップのうちの幾つかは、本出願人に譲渡された米国特許第6,108,455号に記載のものと同一である。この特許全体を、参照によりここに援用する。

【0014】処理中に、アルゴリズムを用いて、デジタルスチルカメラのセンサにより得られた画像をフィルタ処理する。従って、入力画像はベイヤーパターン形式である。このノイズフィルタは、標的ピクセルと複数の隣接ピクセルとの間の類似度の絶対値の加重平均をもとに、処理ウィンドウ内での処理下で、ピクセルの置換値を計算する。このノイズフィルタは、再帰的にノイズレベルを処理して、得られた画像の局所特徴に応じてその強度を適合させるとともに、隣接するピクセルのノイズレベルの変化に適合させる。

【0015】2個の異なるフィルタマスクを用いて、ベイヤーパターンデータの3つのカラーチャネル、赤、緑および青をフィルタ処理する。一方のマスクは、緑色チャネルのみを操作する。他方のマスクは、赤色チャネルおよび青色チャネルの両方を操作するが、同時に操作するわけではない。

【0016】赤色、緑色および青色の画像のカラーチャ

ネルのそれぞれに対して1つずつ、合計で3つの異なるノイズレベル推定を計算する。赤色、緑色および青色のそれぞれのチャンネルに対して、フィルタを操作してその強度を別々に変えることができる。一般に、人間の目が色を知覚する方法と同様に、赤色チャンネルおよび青色チャンネルを作る赤色ピクセルおよび青色ピクセルを、緑色ピクセルよりも高い強度でフィルタ処理することができるが、処理はどのカラーチャンネルでも任意の強度に調整することができる。

【0017】前記のとおり、緑色チャンネル、または赤色もしくは青色チャンネルのいずれかがフィルタ処理されているか否かにより、2個のフィルタマスクを用いる。異なるフィルタマスクを図3A、図3B、図3Cに示す。図3Aは、この発明の実施態様に従う、ペイヤーパターンの緑色ピクセル用フィルタマスクを示す。一般に、特定の緑色ピクセルがフィルタ処理されているので、フィルタ処理されたピクセルおよびそれに隣接するピクセルの信号レベルを検討する。例えば、図3Aを参照して、緑色ピクセルG0を標的ピクセルとする。標的ピクセルG0に隣接するピクセルの一部を含む作業ウィンドウを、例えば隣接するピクセルG1、G2、G3、G4、G5、G6、G7、およびG8を含むことにより、構築する。図3Bを参照して、これと同時に赤色チャンネル用のフィルタマスクを有する作業ウィンドウを構築する。図1を参照しつつ説明したように、ペイヤーパターンのピクセル配列は、緑色チャンネルと、赤色チャンネルまたは青色チャンネルとは異なるので、このフィルタマスクは図3Aに示すフィルタマスクとは異なる。図3Bに示す赤色フィルタマスクにおいて、標的ピクセルR0は、隣接ピクセルR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7およびR8に囲まれている。同様に、図3Cに示す青色フィルタマスクは、隣接ピクセルB1、B2、B3、B4、B5、B6、B7およびB8に囲まれた標的ピクセルB0を有する。赤、緑および青色のそれぞれの場合において、1個の標的ピクセルと8個の隣接ピクセルがあり、それぞれ一般的にT0およびT1〜T8と表される。

【0018】ペイヤーパターン形式の入力画像は、上部から始まり、左から右へと列ごとに順次スキャンされる。この発明の実施態様において、赤色チャンネルおよび青色チャンネルの処理ウィンドウは同一であるが、緑色チ*

$$NL_x(t-1) = K_x(t-1) \times D_{x,x}(t-1) + [1 - K_x(t-1)] \times NL_x(t-2) \quad (1)$$

$$NL_c(t-1) = K_c(t-1) \times D_{c,c}(t-1) + [1 - K_c(t-1)] \times NL_c(t-2) \quad (2)$$

$$NL_b(t-1) = K_b(t-1) \times D_{b,b}(t-1) + [1 - K_b(t-1)] \times NL_b(t-2) \quad (3)$$

式中、 NL_x は、特定のノイズチャンネルxのノイズレベルである。 K_x は、前記した米国特許第6,108,455号に記載されており、以下で詳説する、適用ノイズフィルタ10により実施されるフィルタ処理の強度を決めるパラメータである。 $D_{x,x}$ は、特定のカラーチャンネルに対して、最大/最小ブロック24において計算さ

された最大距離値である。写真が処理される際、現在のピクセルの色が緑色であるか否かにより、2個の処理ウィンドウのうち一方のみが選択される。

【0019】図4は、この発明の適用ノイズフィルタの実施態様における処理方法の例を表すフロー図である。適用ノイズフィルタ10は、以下で説明する画像境界検出ステップ12から始まる。前記のように、次いで決定子16は、現在のピクセルT0が緑色であるか否かを検査する。T0が緑色ピクセルである場合には、図3Aに示すような緑色作業ウィンドウ18を発生する。逆に、T0が緑色でなかった場合には、図3Bまたは図3Cに示すような赤色/青色作業ウィンドウ20を発生する。

【0020】マスクおよびフィルタウィンドウが選択された後、差分計算機22内で距離計算が行われる。差分計算機22において、標的ピクセルT0と隣接ピクセルとの間で絶対値差分D1を求める。差分D1はそれぞれ、標的ピクセルT0の値と隣接ピクセルの値との間の差分を表す。差分計算機22は、現在の作業ウィンドウの標的ピクセルT0の値と隣接ピクセルT1〜T8の値との間の差分Diの絶対値を計算し、差分値D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7およびD8を発生する。

【0021】ピクセル値の差分を計算した後、その結果を最大および最小ブロック24に送る。このブロックにおいて、差分値D1〜D8の一覧から最大および最小距離値を計算する。最大/最小ブロック24の出力は、現在の作業ウィンドウ18または20の標的ピクセルT0と隣接ピクセルT1〜T8との間の最大差分Dmaxおよび最小差分Dminである。

【0022】これらの最小および最大差分をノイズレベル計算ブロック26に送り、自動露出データを用いることなく、処理ウィンドウ18または20に関するノイズレベルNLを推定する。処理ウィンドウ18（緑色）または処理ウィンドウ20（赤色または青色）のいずれが現在のウィンドウであるかに応じて、異なるNL計算および保存が、それぞれの色チャンネルに対して行われる。現在のピクセルT0の色に応じて、ノイズレベル計算ブロック26は、その特定の色に対する相対ノイズレベル推定を更新する。ノイズレベル計算ブロック26は、次式に従ってノイズレベルを推定する。

れた最大距離値である。

【0023】異なる処理の相互関係の例を、この発明の適用ノイズフィルタ10のブロック図の例である図5に示す。図中、差分計算機22は、現在のプロセスウィンドウ18または20から入力を得る。差分計算機22からの出力は、最大/最小ブロック24に送られ、ここか

ら各色に対する D_{max} および D_{min} の値がノイズレベル計算ブロック26に送られる。 K_n パラメータもノイズレベル計算ブロック26の入力となる。

【0024】一般に、通用ノイズフィルタ10に用いられるこれらの処理は、性能上の理由から一般にハードウェアが好ましいが、ソフトウェアまたはハードウェアで実行することができる。最小限の資源を用い、全ての計算を実行して、入力ノイズ画像を可能な限り早く処理することが必須である。この目的を早たすために、この発明の実施態様によれば、ノイズレベル計算ブロック26は、再帰的実行を用いる。典型的には、2つの画像バッファを用いて全フィルタ処理を実行することができる。一方のバッファ（入力バッファ）にはフィルタ処理を施す前の画像を格納し、他方のバッファ（出力バッファ）にはフィルタ処理を施した画像を格納する。

【0025】処理に必要な資源を最大限に利用するために、フィルタ処理済みのピクセル値を用いて現在の標的ピクセルT0のフィルタ処理値を計算する。例えば、T0が標的ピクセルであり、T1、T2、T3およびT4が既に処理済みの場合には、T5、T6、T7およびT8は未だ処理されていない。フィルタ処理済みピクセルを把握しておくことは、種々の処理における計算の必要性を低減する優れた方法である。ペイヤーパターン画像は列毎にスキャンされるので、フィルタ処理済みの値はメモリ内で利用可能であり、T1、T2、T3およびT4の前の未フィルタ処理値をメモリにリロードすることなく、これらの値を用いて次のピクセルをフィルタ処理することができる。この処理は、緑色作業ウィンドウ18および赤色／青色作業ウィンドウ20のいずれにも用いることができる。

【0026】図6Aは、フィルタ処理済みの緑色ピクセルG0（標的ピクセル）、G1、G2、G3およびG4、ならびにフィルタ処理を行っていないピクセルG5、G6、G7およびG8の作業ウィンドウ18の例を示す。図6Bは、赤色チャンネルの場合でも同一であるが、この例では青色チャンネルに対するものである。作業ウィンドウ20の例を示す。図6Bにおいて、B0はフィルタ処理済みの標的ピクセルであり、B1、B2、B3およびB4はフィルタ処理済みのピクセルであり、B5、B6、B7およびB8はフィルタ処理を行っていないピクセルである。

【0027】図5に戻り、作業ウィンドウ18および20から入力を受けるヒト視覚系（HVS）評価器30を示す。HVS評価器30は、図7に示す関数に従って、明度に対する人間の目の応答を係数化する。図中、X軸は、取り得る明度値を0～1023の尺度で表しており、Y軸は、人間の目が現在のピクセルと隣接するピクセルとの間のグレイレベルの差を判別することのできる閾値を表している。図7に示すとおり、ピクセルが黒（ $x=0$ ）と最大明度値（ $x=1023$ ）との中間（ x

$=512$ ）にあるとき、人間の目のHVS閾値は最小となる。従って、人間の目のHVS閾値は、図7に示すとおり、ピクセルが非常に明るい、または非常に暗い場合に最大となる。

【0028】HVS評価器30から出力された係数を、ノイズレベルブロック26の出力に加算して、局所特徴検査ブロック32に渡す（図5）。このブロック32は、 K_n パラメータを計算する。 K_n パラメータは、現在のピクセルT0に対してノイズレベルブロック26で実行されるフィルタ処理の強度を調節するのに用いられる。現在のピクセルT0の色、すなわち緑色か、または赤色／青色かに応じて、2種類の異なる局所特徴検査関数を用いる。具体的には、フィルタ処理される現在のピクセルが緑色である場合には、標準局所特徴検査ブロックを用いる。この戦略を、現在のピクセルが緑色である場合の、最大距離値 D_{max} の関数である K_n パラメータのグラフ図8Aに示す。図8Aには値 T_h が示されており、この値は現在のピクセルT0に対するノイズ値とHVS値の和（ $T_h = NL + HVS$ ）である。図8Aにおいて、 K_n パラメータは1（ D_{max} は最小）から始まる直線であり、 T_h に向かって減少する。一方、図8Bは、現在のピクセルが緑色でない場合の、最大距離値 D_{max} の関数である K_n パラメータのグラフである。図8Bは、 K_n パラメータを計算するために他の値、すなわちノイズレベルNLを導入している。従って、 D_{max} がNL以下の値を取る場合には、 K_n パラメータは1となり、一方、 D_{max} がNLより大きい値を取る場合には、 K_n パラメータは1と T_h との間の直線上の値を取る。緑色チャンネルの場合には、 D_{max} が0のときにのみ K_n パラメータが1となるが、赤色および青色チャンネルの場合には、 D_{max} がNL以下のときには常に K_n パラメータが1となるので、これにより緑色チャンネルに比べて赤色および青色チャンネルのフィルタ強度が増大する。

【0029】ペイヤーパターンデータをフィルタ処理する程度を制御する他の方法としては、自動露出制御（AEC）に用いられる利得係数を用いる方法がある。図5に、このようなAECを含むブロック34を示す。AECブロック34で用いられる現在の利得係数に応じて、フィルタ処理の程度を調節することができる。デジタルカメラの自動露出処理は、正確に露出された背景を得るために、露出設定と利得設定の適切な組合せを作る。画像背景が正確に露出された場合には、画像に利得係数を適用する必要はない。一方、画像が正確に露出されなかった場合には、カメラの自動露光処理が、画像に適用される係数の一種である利得係数を計算する。利得が高いほど、画像が明るくなる。しかし、この一般的なシステムには幾つかの欠点がある。利得が高く設定されすぎると、画像のノイズも強調されてしまう。従って、利得が高い場合には、ノイズフィルタを高い強度で作動させな

ければならないし、利得が低い、または零である場合には、ノイズフィルタを低い強度で動作させるべきである。

【0030】適用ノイズフィルタは、図9を参照しつつ以下に説明するような方法を用いる処理を含むことができる。図9は、付加的な係数（AEC利得係数）を用いて K_n パラメータを発生する方法を示している。Gが、図5のAECブロック34により計算された現在のAEC利得係数であり、 G_{max} が画像センサにより検出される利得係数の最大値であると、 G/G_{max} を計算することができる。図9に示すように、この比にノイズレベル係数NLを乗じて、 K_n パラメータが1である最高 D_{max} 値を求める。これは、 G/G_{max} 利得比係数を含んでいない図8Bに示すグラフとは異なる。従って、最良の露出画像を得るためにGを G_{max} に設定する、すなわち G/G_{max} 比が1の場合には、最大フィルタ度（ $K_n=1$ ）を他のフィルタ度から分離する閾値はノイズレベルNLである。逆に、 $0 \leq G \leq G_{max}$ である利得Gを用いて正確に露出された写真が得られる場合には、 $G/G_{max} \leq 1$ であるので、 $NL \times G/G_{max} \leq NL$ である。従って、フィルタ度の高低を区別するのに用いられる閾値は低く、ゆえにフィルタ強度が低くなる。この方法を3色全てのチャネルに適用することもできるし、またはこの方法を赤色/青色チャネルにのみ適用し、緑色チャネルを図8Aに示した標準モードでフィルタ処理することもできる。

【0031】図5を参照して、ノイズレベル計算ブロック26により、ノイズレベルが計算されるよりも前に、AECブロック34が出力を行う必要となる場合があ

$$Th = K_n(t) \times D_{min}(t) + [1 - K_n(t)] \times D_{max}(t) \quad (4)$$

$$Th = K_n(t) \times D_{min}(t) + [1 - K_n(t)] \times D_{max}(t) \times [(D_{min}(t) + D_{max}(t)) / 2] \quad (5)$$

【0034】 K_i の値を次の式により表すことができ ※ ※る。

$$K_1 = 1 \quad (D_1 \leq Th_1 \text{ の場合}) \quad (6)$$

$$K_1 = (Th_2 - D_1) / (Th_2 - Th_1) \quad (Th_1 < D_1 < Th_2 \text{ の場合}) \quad (7)$$

$$K_1 = 0 \quad (Th_2 \leq D_1 \text{ の場合}) \quad (8)$$

【0035】これらの値は、図5に示す閾値計算ブロック36において計算される。閾値計算ブロック36は、閾値係数 K_n 、 D_{min} および D_{max} を入力とし、前記の閾値 Th_1 および Th_2 を出力する。

【0036】これらの閾値を係数計算機38に入力し、ここで式(6)、(7)および(8)の K_i 値を計算する。

$$PixOut = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 K_i(t) \cdot T_i + [1 - k_i(t)] \cdot T_0 \quad (9)$$

【0038】前記のとおり、適用ノイズフィルタ10は、ベイヤーパターンソースデータに対して働く。処理ウィンドウの形状を考慮すると、画像の最初の2行と最後の2行に属するピクセル、および最初の2列と最後の

※る。ノイズレベル計算ブロック26および適用ノイズフィルタ10の他の部分は、画像処理連鎖の一次要素に限定されない。これは問題とはならない。実際には、適用ノイズフィルタ10を、必要に応じて、欠陥補正ブロック等の、画像操作処理（図2）のさらに後の工程に配置することができる。適用ノイズフィルタ10を画像処理連鎖の欠陥補正ブロックに配置した場合には、入力としてノイズのあるピクセルを受け取ることができる。次いで、ノイズ除去した値が、適用ノイズフィルタから出力されて、欠陥補正アルゴリズムに送られ、ベイヤーパターンのノイズ除去および欠陥補正した最終ピクセルを生成し、これが画像処理連鎖の後の工程に送られる。

【0032】ピクセル値に対して行われる最終処理は、ファジイ理論に基く。メンバシップ計算ブロックは、2つの閾値 Th_1 および Th_2 を境界とするファジイ関数と関係がある。 T_i を隣接ピクセル $T_1 \sim T_8$ のいずれかとして、ファジイ関数は、「標的ピクセル T_0 とその隣接ピクセル T_i は類似である」という関係をファジイ化する。 T_0 の隣接ピクセル T_i のそれぞれに対して、 T_0 と T_i の間の類似度を表す加重係数 K_i を計算する。後にこれらの加重係数 K_i を用いて、フィルタ処理値を最終的に求める。従って、各ピクセル T_0 に対して、8個の係数値 $K_1 \sim K_8$ があり、 K_1 は T_0 と T_1 の類似度を表し、 K_2 は T_0 と T_2 の類似度を表し、 \dots 、 T_8 は T_0 と T_8 の類似度を表す。

【0033】前記の関係をファジイ化することのできるファジイ関数の例を図10に示す。2つの閾値 Th_1 および Th_2 を次の式に従って係数化することができる。

★【0037】適用ノイズフィルタ10の最終出力は、現在の標的ピクセル P_0 のフィルタ処理値である。この処理を、カメラのセンサにより作られた各ピクセルに対して順次繰り返すことにより、最終的なフィルタ処理画像が出力に得られる。ノイズフィルタ10の出力は次の式で表される。

★【数1】

2列に属するピクセルは、完全な処理ウィンドウ18または20（図3A、3Bおよび3C）を作るにはピクセルが不足するので、これらの行または列に属するピクセルを処理することができないことが理解されよう。この

概念を図11を参照しつつ説明する。図11には、画像端の最初の5列と最初の5行を示すベイヤーターンが示されている。周囲に十分な数のピクセルが無いので、第1行第1列の第1緑色ピクセルに対して完全な作業ウィンドウ18を作ることとはできない。

【0039】従って、図12に示すとおり、この発明の実施態様の幾つかにおいて、画像の2ピクセル幅の境界は、フィルタ処理されず、最初の状態のままになる。それゆえ、図4に示すように、境界複写ステップ12が最初に行われるべきステップなのである。従って、本来入力したノイズ画像と同じ行数および列数の画像を得るためには、出力バッファに書き込む前に、一時的に保存されているかもしれないが、最初の2行および2列、ならびに最後の2行および2列を出力バッファに直接複写する。このステップを図5のフィルタ出力ブロック40として示す。

【0040】図13Aおよび13Bは、それぞれ原画像および適用ノイズフィルタ10の実施態様の出力から得た画像である。これらの図を見ることにより、アルゴリズムの適用性が明確に視覚化される。例えば、壁および机の上の紙のノイズ値が大幅に減少しているが、例えば、電話の底部付近の細部は失われていない。

【0041】図14は、図13Aから図13Bを作る際のフィルタ処理強度を表す図である。薄い灰色の部分は、フィルタ処理を多く行った領域を表し、濃い灰色の部分は、フィルタ処理を少なく行った領域を表す。机の上の紙は、最もノイズフィルタ処理を多く適用した部分であり、物体の境界にはほとんどフィルタ処理が施されておらず、細部が維持されている。これに対する理由のひとつは前記の式(8)に示されている。この式は、距離Dが第2閾値Th2よりも大きくなった場合に、式*

$$P = \frac{1}{MN} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} x(n, m)^2$$

【0044】図15の画像を用いて、I_{ADDBD-NOISE} および I_{RESIDUAL-NOISE} の両方に対してノイズ強度を計算し、デシベル(dB)形式に変換し、グラフに表したものを図16に示す。図16のグラフのy軸は、ノイズ強度をデシベルで表しており、x軸はノイズ分布の変動を表している。2本のプロットの間の差は、適用ノイズフィルタ10を用いて除去されたノイズの量を表している。このテストにおいて、フィルタ処理した画像のノイズ強度は、本来のノイズ強度よりも約7dB低かったが、適用ノイズフィルタは、高テクスチャ領域と低テクスチャ領域とをさらに識別することができる。

【0045】適用ノイズフィルタ10の実施態様の注目すべき利点のひとつは、直接ベイヤーターンデータに対して作業を行うことができるという点である。このフィルタは、特定の色にのみに適用できるので、色を単純

* (9) で表される出力ピクセル式に直接関与するK1を0にする。物体の境界において、境界が明確なので、ピクセル値に大きな距離がある。ここで説明した適用フィルタ技術を用いると、単色の大きな区画(紙片、壁および他の大きな面に見られるような)等のノイズにはノイズフィルタ処理を多く施す一方、明確な境界(従って細部)が維持されるので、全体として高品質な画像が作られる。

【0042】処理に関する種々の実施態様をテストする際に、人工画像を用いて、アルゴリズムがどれだけのノイズを除去することができるかを調べた。図15は、上部から下部にかけてノイズ量が増加しているテスト画像である。加えたノイズの強度を調節するため、ガウス分布の分散値を操作した。ノイズ統計分布の平均値を零と想定する。

【0043】I_{NOISE} がノイズ有りベイヤーターンを表し、I_{FILTERED} が適用ノイズフィルタ10によりフィルタ処理されたベイヤーターンを表し、I_{ORIGINAL} が本来のノイズ無しベイヤーターンを表すとすると、I_{NOISE} - I_{ORIGINAL} = I_{ADDBD-NOISE} であり、I_{FILTERED} - I_{ORIGINAL} = I_{RESIDUAL-NOISE} である。式中、I_{RESIDUAL-NOISE} はI_{ORIGINAL} に人工的に加えられたノイズのみを含む画像であり、I_{RESIDUAL-NOISE} はフィルタ処理後の残留ノイズを含む画像である。画像x(n, m)、N×Mが与えられた場合に、ノイズ強度は次の式により計算することができる。

【数2】

(10)

に平均化した場合に比べて、全体としてよい結果が得られる。自動露出データからの利得係数をヒト視覚系と組み合わせると、特定のピクセルに対して、安全に適用できるフィルタ処理の量について予め決定することができる。また、既に計算済みのピクセル値を元に、ハードウェア実行においてはより少ないメモリ使用量で、再帰的に計算することができるので、このノイズフィルタは迅速に作動する。

【0046】前記の詳細な説明を考慮に入れて、この発明に改変を行うことができる。一般に、特許請求の範囲において、使用した用語は、この発明を、明細書および特許請求の範囲に記載した特定の態様に限定するために用いられるべきではなく、特許請求の範囲に係る方法および装置の全てを含むと解すべきものである。従って、この発明は詳細な説明により限定されるべきものではなく、その範囲は、特許請求の範囲により決められる

べきものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来技術のデジタルカメラに用いられているベイヤーパターンモザイク配置を表す図である。

【図2】 従来技術のデジタルカメラの画像処理を表す機能ブロック図の例である。

【図3A】 本発明の実施態様に従う、ベイヤーパターンデータの種々の色に対するフィルタマスクを表す図である。

【図3B】 本発明の実施態様に従う、ベイヤーパターンデータの種々の色に対するフィルタマスクを表す図である。

【図3C】 本発明の実施態様に従う、ベイヤーパターンデータの種々の色に対するフィルタマスクを表す図である。

【図4】 この発明に従う適用ノイズフィルタの実施態様における処理方法の例を表すフロー図である。

【図5】 この発明の実施態様に従う適用ノイズフィルタ中における処理方法の関係を表すブロック図の例である。

【図6】 6Aは、フィルタ処理された一組の緑色ピクセルの作業ウィンドウの例を示し、6Bは、フィルタ処理された一組の非緑色ピクセルの作業ウィンドウの例を示す。

【図7】 標的ピクセルの明度と、隣接するピクセルに対するヒト視覚系閾値との関係を表すグラフである。

【図8】 8Aは、現在のピクセルが緑色である場合の、最大距離値 D_{max} の関数として K_n パラメータを表したグラフであり、8Bは、現在のピクセルが緑色でない場合の、最大距離値 D_{max} の関数として K_n パラメータを表したグラフである。

*【図9】 利得可変を用いて K_n パラメータを生成する方法を表す図である。

【図10】 この発明の実施態様に従う、ピクセルの関係をファジイ化することのできるファジイ関数の例を表すグラフである。

【図11】 ベイヤーパターンデータセットの端縁を示す図である。

【図12】 2個のピクセルで作られた境界を強調した、ピクセルで形成された画像を表す図である。

10 【図13】 13Aは、元画像であり、13Bは、この発明の実施態様に従う適用ノイズフィルタにより図13Aの画像を修正した後の画像である。

【図14】 図13Aを図13Bに変換する際に用いた、フィルタ処理の強度レベルを表す図である。

【図15】 上部から下部に向かってノイズ量が増加するテスト画像の例である。

【図16】 図15に対して、異なるノイズレベルで計算したノイズ量を表すグラフである。

【符号の説明】

- 20 10 適用ノイズフィルタ
12 画像境界複写ステップ
16 決定子
18 緑色作業ウィンドウ
20 赤色／青色作業ウィンドウ
22 差分計算機
24 最大／最小ブロック
26 ノイズレベル計算ブロック
30 HVS評価器
32 局所特徴検査ブロック
34 AECブロック
* 40 フィルタ出力ブロック

【図1】

【図3A】

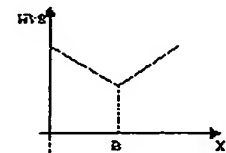
【図3B】

【図7】

1	G	R	G	R	G
2	B	G	B	G	B
3	G	R	G	R	G
4	B	G	B	G	B
5	G	R	G	R	G

G	R	G_1	R	G
B	G_2	B	G_3	B
G_4	R	G_0	R	G_5
B	G_6	B	G_7	B
G	R	G_8	R	G

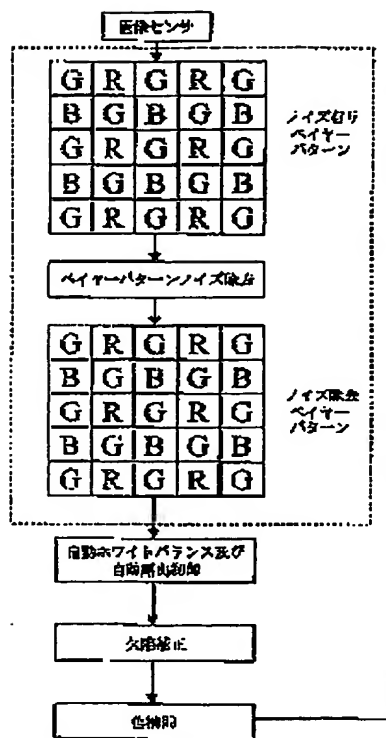
R_1	G	R_2	G	R_3
G	B	G	B	G
R_4	G	R_0	G	R_5
G	B	G	B	G
R_6	G	R_7	G	R_8



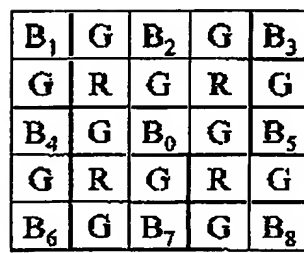
3A

3B

【図2】

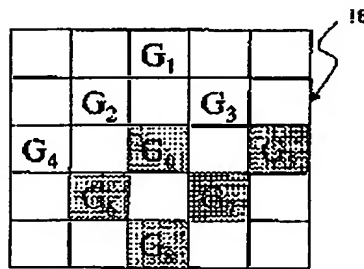


【図3C】



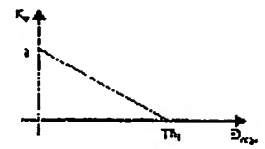
3C

【図6】

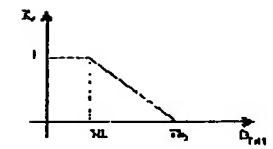


6A

【図8】

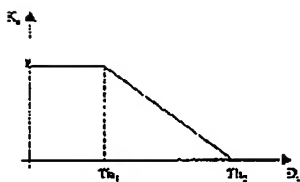


8A

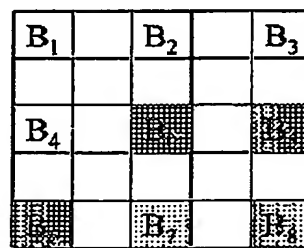


8B

【図10】

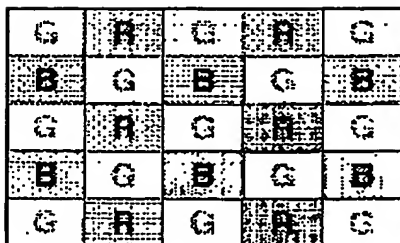


20

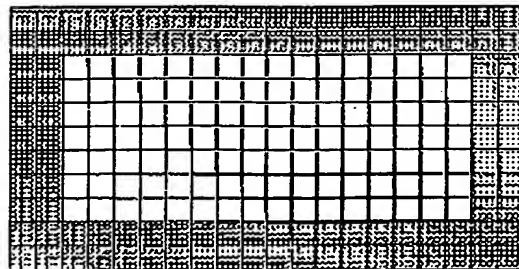


6B

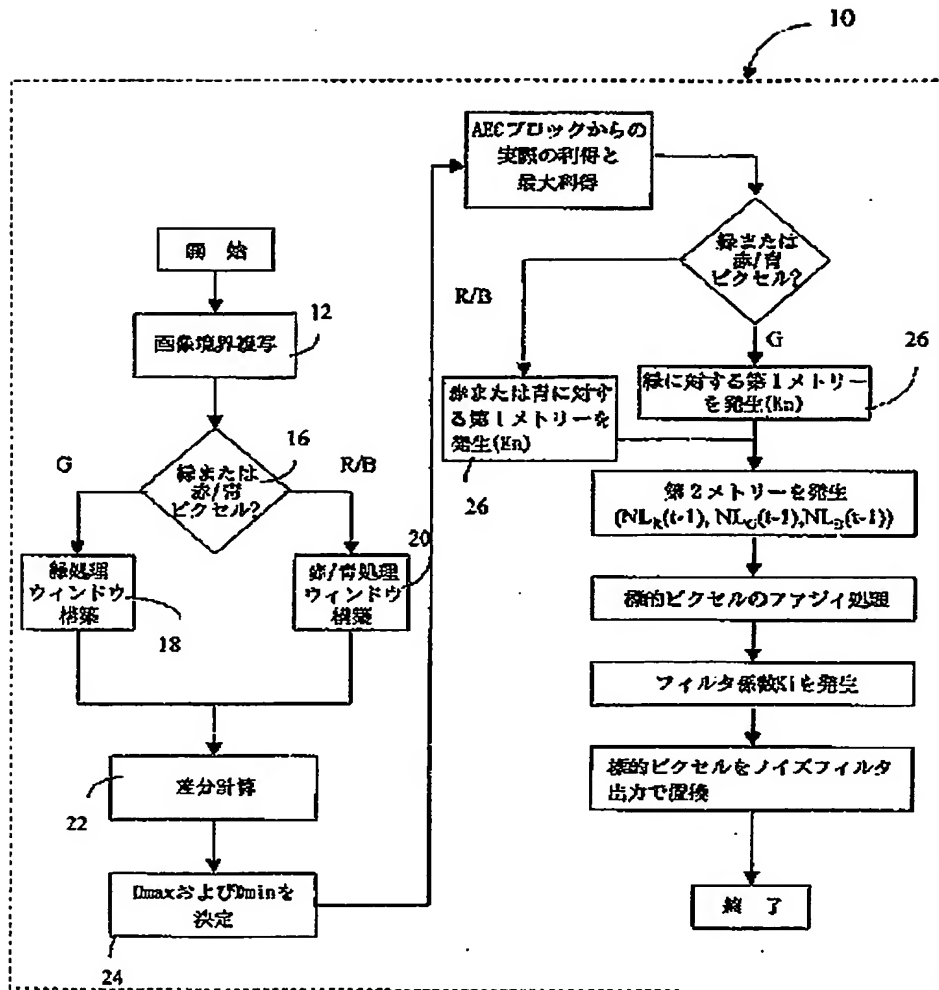
【図11】



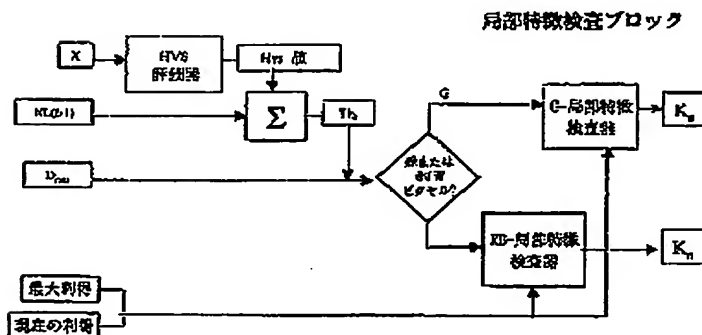
【図12】



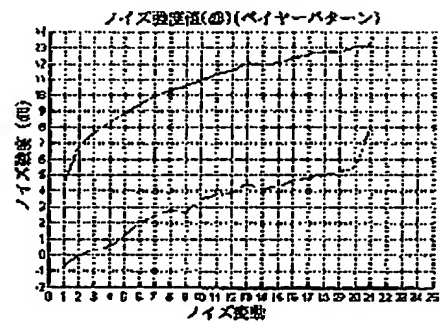
【図4】



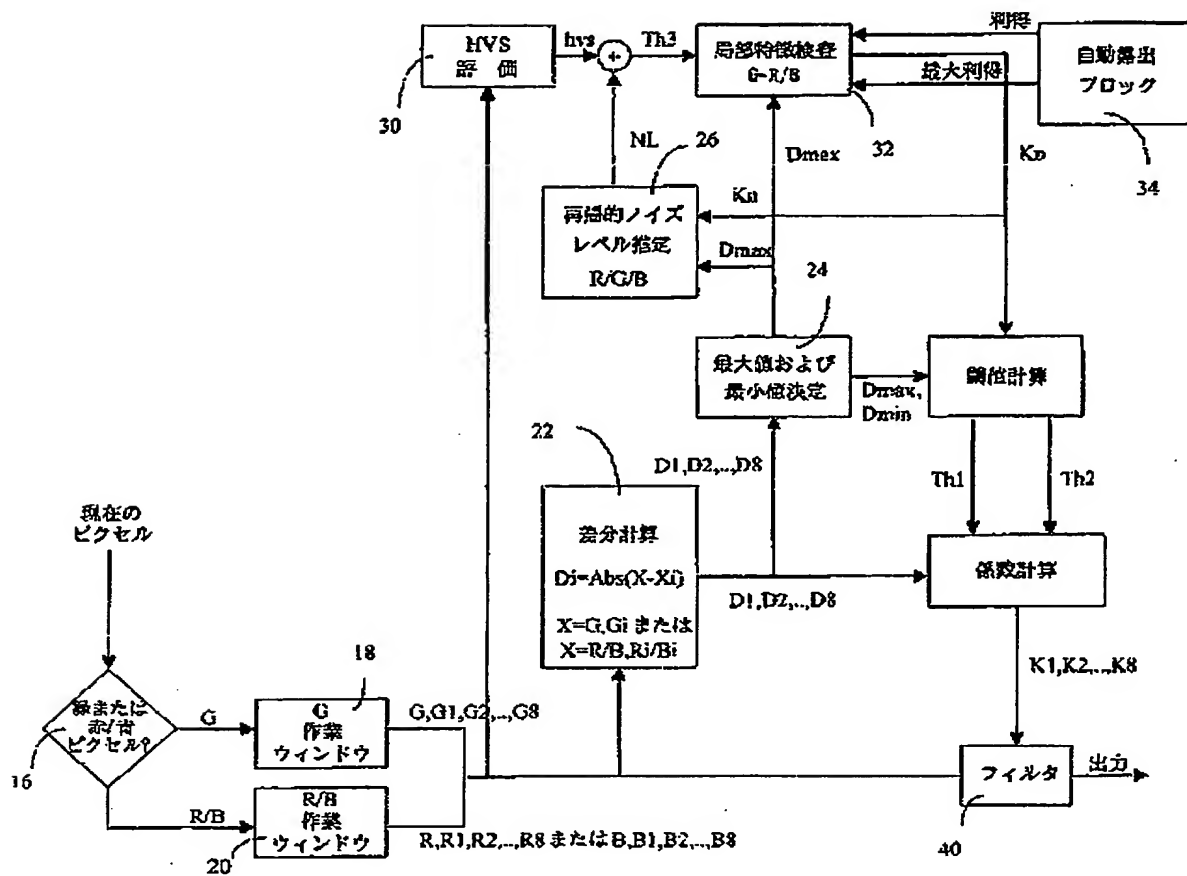
【図9】



【図16】



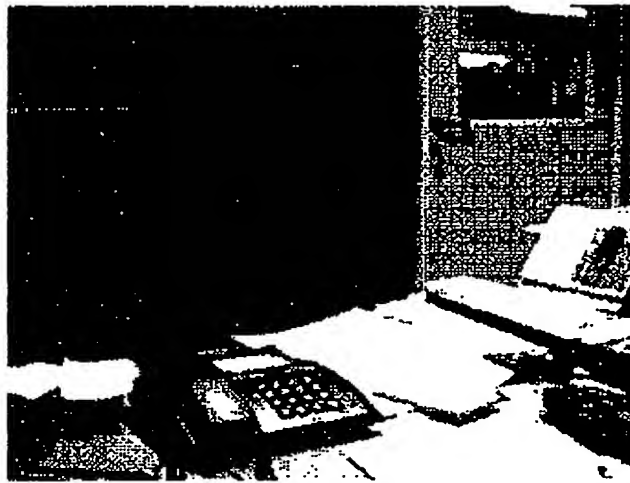
【図5】



【図14】



【図13】

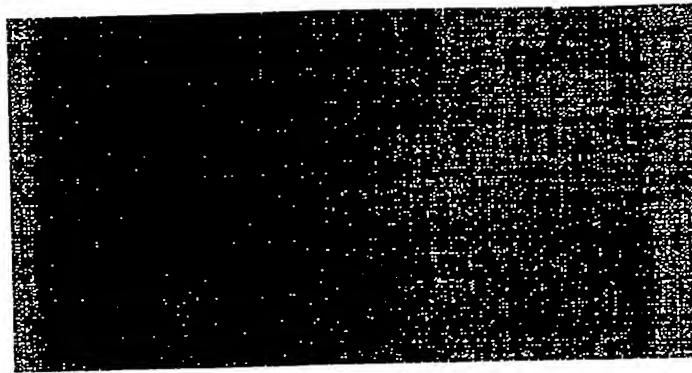


13A



13B

【図15】



ノイズ強度
の増加

フロントページの続き

(72)発明者 アンジェロ ボスコ
イタリア国 カターニア 95014 ギアッ
レ コルソ マッテオッチィ 20/ビー

(72)発明者 マッシモ マンクーゾ
イタリア国 20052 モンツァ ヴィア
オリアーニ 19
Fターム(参考) 5C065 AA03 BB22 BB30 CC01 CC08
CC09 DD15 GG22 GG23